

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **16 MARS 2004**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**cerfa**  
N° 11354\*02**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
**page 1/2****BR1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W / 010801

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>4 AVR. 2003</b> LIEU <b>99</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0304269</b> DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>4 AVR. 2003</b>		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE Direction Propriété Industrielle 1 & 4 Avenue de Bois Préau 92852 RUEIL MALMAISON CEDEX FRANCE	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) NAS/MB / 02/0125			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> METHODE POUR DETERMINER LA COMPOSITION D'UN FLUIDE HOMOGENE			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>	
Nom ou dénomination sociale		INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE	
Prénoms			
Forme juridique		Organisme Professionnel	
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	1 & 4, Avenue de Bois Préau	
	Code postal et ville	92 852 RUEIL MALMAISON CEDEX	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		01 47.52.62.72 N° de télécopie (facultatif) 01 47.52.70.03	
Adresse électronique (facultatif)			
		<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 2/2

**BR2**


Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

- 4 AVR. 2003

LIEU

N° D'ENREGISTREMENT

0304269

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 @ W / 010801

**Vos références pour ce dossier :**

(facultatif)

NAS/MB / 02/0125

**6 MANDATAIRE** (s'il y a lieu)

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

Adresse

Rue

Code postal et ville

Pays

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

**7 INVENTEUR (S)**
**Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques**
Les demandeurs et les inventeurs  
sont les mêmes personnes☐ Oui☒ Non : **Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)**
**8 RAPPORT DE RECHERCHE**
**Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)**
Établissement immédiat  
ou établissement différé☒☐Paiement échelonné de la redevance  
(en deux versements)
**Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt**
☐ Oui☐ Non
**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**
**Uniquement pour les personnes physiques**
☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)☐ Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la  
décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG
**Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite»,  
indiquez le nombre de pages jointes**
**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**  
(Nom et qualité du signataire)

 Alfred ELMALEH  
 Directeur - Propriété Industrielle

**VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI**

M. MARTIN

La présente invention a trait à une méthode pour déterminer la composition d'un fluide. Plus précisément, l'invention propose une méthode de traitement de données analysant des caractéristiques de faisceaux de micro ondes ayant traversé un fluide afin de déterminer la composition de ce fluide.

5 La méthode selon l'invention est particulièrement bien adaptée pour déterminer la composition de fluide multiphasique comprenant par exemple de l'eau, de l'huile et/ou du gaz. Par exemple, la méthode peut s'appliquer à la détermination de la composition d'un effluent pétrolier contenu dans un ballon de séparation ou en circulation dans une conduite.

10

Le document FR 01/16.096 propose un ballon séparateur comportant une première tige munie d'émetteurs de faisceaux micro-ondes, une deuxième tige munie de récepteurs de faisceaux micro-ondes. Le séparateur contient un effluent pétrolier provenant d'un puits de production. Une source de micro-ondes est connectée aux émetteurs de manière à ce que chacun des émetteurs  
15 puisse émettre un faisceau de micro-ondes. Un dispositif d'acquisition enregistre les faisceaux de micro-ondes captés par les récepteurs, ainsi que le faisceau de micro-onde émis par la source.

20

La présente invention propose une méthode de traitement des caractéristiques des faisceaux de micro-ondes captés par les récepteurs afin de déterminer la composition du fluide traversé par ces faisceaux.

De manière générale, la présente invention concerne une méthode pour  
25 déterminer la composition d'un fluide sensiblement homogène, dans laquelle on effectue les étapes suivantes:

- a) on mesure l'atténuation et le déphasage d'au moins deux faisceaux d'ondes ayant parcourus des trajets de distances différentes dans ledit fluide,

- b) on détermine des relations modélisant les variations de l'atténuation et du déphasage des ondes en fonction de la distance, mesurées à l'étape a),
- c) on détermine la composition du fluide en comparant les relations déterminées à l'étape b) avec un ensemble de relations préalablement déterminées, chaque relation dudit ensemble correspondant à un fluide de composition connue.

Selon l'invention, à l'étape a), au moins deux desdits faisceaux d'ondes peuvent avoir parcourus deux trajets différents de même distance dans ledit fluide et on peut effectuer une moyenne, par exemple pondérée, des atténuations et des déphasages mesurés pour lesdits au moins deux faisceaux ayant parcouru deux trajets différents de même distance dans ledit fluide.

Selon l'invention, à l'étape c), l'ensemble de relations préalablement déterminées peut être obtenu en effectuant les étapes a) et b) sur des fluides de composition connue.

Selon l'invention, à l'étape b), on peut déterminer une première équation de l'atténuation en fonction de la distance et une deuxième équation du déphasage en fonction de la distance, les première et deuxième équations approchant les mesures d'atténuation et de déphasage de l'étape a), et à l'étape c), on peut déterminer la composition du fluide en comparant les première et deuxième équations déterminées à l'étape b) avec des couples d'équations préalablement déterminées, chaque couple d'équations correspondant à un fluide de composition connue.

La première équation peut être de la forme  $\rho = e^{-\alpha\theta - \alpha_0}$ , la deuxième équation peut être de la forme  $\theta = \lambda d + \lambda_0$ ,  $\rho$  étant l'atténuation,  $\theta$  étant le déphasage,  $\alpha$ ,  $\alpha_0$ ,  $\lambda$  et  $\lambda_0$  étant des constantes et on détermine les valeurs des constantes  $\alpha$ ,  $\alpha_0$ ,  $\lambda$  et  $\lambda_0$ , et à l'étape c). Et, on peut comparer les valeurs des



constantes déterminées à l'étape b) avec des groupes de constantes préalablement déterminées, chaque groupe de constantes correspondant à un fluide de composition connue, lesdits groupes de constantes préalablement déterminées étant obtenus en effectuant les étapes a) et b) sur des fluides de compositions connues. A l'étape b), on peut utiliser une régression linéaire pour déterminer les valeurs des constantes.

Selon l'invention, à l'étape c), on peut tenir compte de la pression dudit fluide, de la température dudit fluide et/ou de la salinité dudit fluide.

Selon l'invention, à l'étape c), on peut déterminer la composition du fluide en sélectionnant dans l'ensemble de relations préalablement déterminées, celles qui s'accordent au mieux avec les relations obtenues à l'étape b)

Selon l'invention, à l'étape c), on peut utiliser un modèle permettant d'attribuer une composition connue à des relations modélisant les variations de l'atténuation et du déphasage en fonction de la distance, le modèle étant construit à l'aide de l'ensemble de relations préalablement déterminées. Le modèle peut être un modèle statistique ou modèle comportemental, le modèle étant une fonction polynomiale ou un réseau de neurones.

Selon l'invention, les ondes peuvent être des micro-ondes.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris et apparaîtront clairement à la lecture de la description faite ci-après à titre d'illustration en se référant aux dessins parmi lesquels :

- la figure 1 schématise le dispositif de mesure,

- les figures 2 et 3 représentent deux exemples de fluides auxquels la méthode selon l'invention peut être appliquée,
- la figure 4 représente un diagramme de la méthode selon l'invention,
- 5 - la figure 5 représente les mesures de déphasage en fonction de la distance,
- la figure 6 représente les mesures d'atténuation en fonction du déphasage dans un plan complexe.

10 La méthode selon l'invention peut exploiter les mesures obtenues au moyen du dispositif de mesure schématisé par la figure 1. Le dispositif de mesure comporte une source 1 de faisceaux de micro-ondes connectée aux émetteurs de micro-ondes E disposés sur la première ligne 2. On peut choisir et modifier la fréquence du faisceau de micro-ondes émis par la source 1. Des  
15 récepteurs de faisceaux de micro-ondes R disposés sur la deuxième ligne 4 sont connectés à des moyens de mesure 6. Un fluide 7 dont la composition est à déterminer, par exemple un effluent pétrolier, est en position dans l'espace situé entre la première ligne 2 et la deuxième ligne 4. Un multiplexeur 3 permet de connecter la source 1 à l'un quelconque des émetteurs E. Ainsi, l'émetteur qui est connecté à la source 1 émet un faisceau de micro-ondes qui  
20 se propage dans le fluide 7. On considère que les faisceaux de micro-ondes se propagent suivant des lignes droites dans le fluide 7. Le multiplexeur 5 permet de connecter l'un quelconque des récepteurs R aux moyens de mesure 6. Les moyens de mesure 6 sont également connectés à la source 1. Ainsi, les moyens  
25 de mesure 6 peuvent enregistrer à la fois les caractéristiques du faisceau de micro-ondes captées par le récepteur qui est connecté aux moyens de mesure 6 et les caractéristiques du faisceau de micro-ondes directement émis par la source 1.

Les émetteurs et récepteurs peuvent être sur les première et deuxième lignes 2 et 4 de manière à ce qu'il existe un ou plusieurs couples d'émetteur-récepteur séparés par une même première distance  $d_1$  et un ou plusieurs couples d'émetteur-récepteur séparés par une même deuxième distance  $d_2$ . De  
5 manière générale, il existe au moins deux couples d'émetteur récepteur séparés par au moins deux distances différentes.

Les lignes 2 et 4 peuvent être en forme de courbes, en forme de droites parallèles ou non parallèles. Les émetteurs peuvent être disposés à intervalle régulier sur la première ligne 2 (c'est à dire que la valeur de la distance qui  
10 sépare deux émetteurs adjacents est identique pour tous les émetteurs) et/ou les récepteurs peuvent être disposés à intervalle régulier sur la deuxième ligne 4 (c'est à dire que la valeur de la distance qui sépare deux récepteurs adjacents est identique pour tous les récepteurs). Lorsque les émetteurs et les récepteurs sont disposés à intervalle régulier sur les lignes 2 et 4, la valeur de l'intervalle  
15 séparant deux émetteurs adjacents peut être égale à, ou être un multiple entier de, la valeur de l'intervalle séparant deux récepteurs adjacents.

Les lignes 2 et 4 peuvent être situées sur les parois d'une enceinte qui contient le fluide 7, par exemple sur la paroi d'une conduite dans laquelle circule le fluide 7. Les lignes 2 et 4 peuvent également être situées sur des  
20 tiges qui plongent dans le fluide 7 contenu dans une enceinte, par exemple dans un ballon séparateur utilisé par l'industrie pétrolière.

Les émetteurs E et les récepteurs R sont des antennes connues de l'homme du métier, par exemple décrites en relation avec figure 2 du document français E.N. 01/16096.

25

Sans sortir du cadre de l'invention, le type d'onde produit par la source  
1 peut également être choisi parmi les ondes de rayonnement électromagnétique telles que les micro-ondes, l'infrarouge, le rayonnement

nucléaire, la lumière optique, ou encore parmi les ondes acoustiques telles les ultrasons.

Le fluide 7 peut être un fluide monophasique, c'est à dire composé d'un  
5 ou de plusieurs constituants qui se mélangent. Le fluide 7 peut également être  
un fluide polyphasique, c'est à dire composé de plusieurs constituants qui ne se  
mélangent pas. La méthode selon l'invention est bien adaptée pour déterminer  
la composition d'un fluide homogène c'est à dire un fluide dont la composition  
est sensiblement identique pour toute partie du fluide ou, exprimé d'une autre  
10 manière, que les constituants du fluide sont répartis de manière sensiblement  
identique dans l'ensemble du fluide.

Par exemple le fluide 7 peut être un effluent pétrolier comportant de  
l'eau, de l'huile et/ou du gaz.

En référence à la figure 2, l'effluent pétrolier 10 peut être en  
15 écoulement turbulent dans une conduite 11. Dans ce cas la composition de  
l'effluent peut être homogène, c'est à dire que l'eau, l'huile et le gaz sont  
répartis de manière uniforme dans toute la conduite 11. Dans ce cas, la  
méthode permet de déterminer la teneur en eau, en huile et en gaz de  
l'effluent.

20 Selon une autre alternative schématisée par la figure 3, l'eau 20,  
l'huile 22 et le gaz 24 peuvent se répartir sous forme de couches stratifiée, par  
exemple lorsque l'effluent est en écoulement laminaire dans une conduite 25  
ou lorsque l'effluent décante dans un ballon de séparation. Plus précisément,  
l'effluent se présente sous la forme de couches superposées: une couche d'eau  
25 20, une couche d'émulsion eau/huile 21, une couche d'huile 22, une couche de  
mousse huile/gaz 23 et une couche de gaz 24. Dans ce cas, la méthode permet  
notamment de déterminer les proportions d'eau et d'huile composant la couche  
d'émulsion 21, et les proportions d'huile et de gaz composant la couche de  
mousse 23. Pour déterminer la composition de l'émulsion (respectivement de la

mouse), on ne tiendra compte que des faisceaux de micro-ondes ayant parcouru un chemin uniquement situé dans la couche émulsion 21 (respectivement dans la couche de mousse 23).

5           La méthode selon l'invention est décrite en relation avec le diagramme de la figure 4.

Etape A : Mesures.

Le dispositif de mesure décrit en relation avec la figure 1 fonctionne par un double multiplexage en émission et en réception. La source de micro-ondes 1 produit un faisceau de micro-ondes de fréquence  $f_1$  choisie. Le multiplexeur 3 connecte la source de micro-ondes 1 successivement avec  
10           chacun des émetteurs E. Ainsi les émetteurs émettent l'un après l'autre un faisceau de micro-ondes. Pendant le temps d'émission d'un des émetteurs E, le multiplexeur 5 connecte successivement ou simultanément chacun des  
15           récepteurs R avec les moyens de mesure 6. Les moyens de mesure 6 mesurent également le faisceau de micro-ondes émis par la source 1. Ainsi, les moyens de mesure 6 mesurent les caractéristiques du faisceau de micro-ondes émis par un émetteur et capté par chacun des récepteurs. De cette manière, on peut mesurer le faisceau de micro-onde émis par un émetteur et capter par un  
20           récepteur, pour tous les couples d'émetteur récepteur disponibles.

La fréquence  $f_1$  peut être choisie de manière à ce que le faisceau de micro-ondes soit sensiblement modifié par au moins l'un des constituants du fluide 7 lorsque le faisceau se propage dans le fluide 7, c'est à dire que l'atténuation et le déphasage soient sensibles lorsque le faisceau se propage  
25           dans le fluide 7. Par exemple, on choisit la fréquence  $f_1$  pour que le faisceau de micro-ondes soit sensiblement modifié lorsqu'il traverse le gaz naturel ( $CH_4$ ). Ainsi, en mesurant l'atténuation et le déphasage d'un faisceau de fréquence  $f_1$  ayant traversé un effluent pétrolier, on obtient une information sur la teneur en gaz naturel contenu dans cet effluent.

On peut répéter les mesures pour plusieurs fréquences de faisceaux de micro-ondes. On peut choisir les fréquences de sorte que pour chaque fréquence le faisceau de micro-ondes soit sensiblement modifié par un constituant du fluide et qu'à chaque fréquence différente, le faisceau soit sensiblement  
5 modifié par un composant différent. Pour un fluide pétrolier contenant de l'eau, de l'huile et/ou du gaz, on peut choisir les fréquences entre 1 GHz et 100 GHz, de préférence entre 2 GHz et 10 GHz, par exemple les quatre fréquences comprises dans les intervalles suivants:

- fa [2 GHz; 2,7 GHz]
- 10 fb [2,7 GHz; 3,7 GHz]
- fc [3,7 GHz; 6 GHz]
- fd [6 GHz; 10 GHz]

#### Etape B : Traitement des mesures

15 On détermine l'atténuation et le déphasage du faisceau qui a traversé le fluide sur la distance séparant un émetteur E et un récepteur R, en connaissant les caractéristiques du faisceau de micro-ondes émis par cet émetteur (c'est à dire le faisceau émis par la source 1) et les caractéristiques du faisceau de micro-ondes capté par ce récepteur.

20 Par exemple, les valeurs d'atténuation et de déphasage peuvent être classées dans une matrice de nombres complexes dont la composante  $M_{ij}$  correspond aux valeurs d'atténuation et de déphasage du faisceau de fréquence  $f_i$  émis par le récepteur  $i$  et capté par le récepteur  $j$ . Lorsque le dispositif de mesure comporte  $n$  émetteurs et  $m$  récepteurs, la matrice est de dimension  $n \times$   
25  $m$ . En effectuant les mesures pour les quatre fréquences  $f_a, f_b, f_c$  et  $f_d$ , on obtient quatre matrices, chacune correspondant à des mesures effectuées à une des quatre fréquences.

Lorsque les récepteurs et les émetteurs sont disposés sur deux lignes droites et parallèles, et à intervalles réguliers et égaux, les valeurs situées sur

une même diagonale de la matrice correspondent aux valeurs d'atténuation et de déphasage des faisceaux ayant parcouru des trajets de même distance entre émetteurs et récepteurs. Ainsi, les mesures correspondant à des faisceaux de micro-ondes ayant parcouru des trajets de même distance dans le fluide se  
5 situent sur une même diagonale de la matrice.

Pour obtenir une valeur plus fiable des valeurs d'atténuation et de déphasage, on peut effectuer la moyenne des atténuations et des déphasages mesurés correspondant à des faisceaux ayant parcouru des trajets de même distance dans le fluide. Ainsi, on limite la prise en compte de phénomènes qui  
10 peuvent intervenir isolément lors d'une mesure et fausser cette mesure. Et on obtient une unique valeur de déphasage et d'atténuation correspondant aux faisceaux ayant parcouru une distance déterminée.

Lorsque les mesures sont classées dans une matrice, on effectue une moyenne des mesures de chaque diagonale, c'est à dire des mesures  
15 d'atténuation et de déphasage qui correspondent à une même distance parcourue par les faisceaux de micro-ondes. Ainsi, au lieu d'analyser  $n \times m$  valeurs complexes, on réduit le nombre de valeurs à analyser, au plus grand des nombres  $n$  et  $m$ .

On peut effectuer une moyenne pondérée des valeurs. Ainsi, on peut,  
20 par exemple, minimiser les effets de bord dus notamment à la réflexion des faisceaux de micro-ondes et à des variations de l'homogénéité du fluide 7.

En effet, en référence à la figure 2, les émetteurs E et récepteurs R situés aux extrémités des lignes 2 et 4 peuvent être proches des parois 12 de la conduite ou de l'enceinte qui contient le fluide 10. La composition du fluide 10  
25 peut être modifiée aux abords des parois 12, par exemple à cause de l'écoulement du fluide 10 qui est altéré par la présence des parois 12. Ainsi, l'atténuation et le déphasage des faisceaux de micro-ondes traversant ces portions de fluide aux abords des parois 12 ne sont pas représentatifs de l'ensemble de la composition du fluide 10.

De plus, des faisceaux de micro-ondes sont réfléchis sur les parois 12 de la conduite ou de l'enceinte contenant le fluide 10. Les récepteurs R situés près des parois 12 peuvent enregistrer ces faisceaux réfléchis. Ainsi, l'atténuation et le déphasage déterminés à partir du faisceau de micro-ondes émis par un émetteur et des faisceaux de micro-ondes mesurés par un émetteur situés près d'une paroi 12 peuvent ne pas être représentatifs de l'atténuation et du déphasage du faisceau se propageant de manière rectiligne de cet émetteur jusqu'à ce récepteur.

Par conséquent, en faisant une moyenne pondérée des mesures, on peut donner un poids moins important aux valeurs d'atténuation et de déphasage mesurées près des parois 12. Ainsi, ces valeurs d'atténuation et de déphasage auront une importance moindre par rapport aux autres valeurs lors des étapes ultérieures de la méthode selon l'invention.

#### 15      Etape C : Transformation des mesures en équation

Une matrice regroupant les valeurs d'atténuation et de déphasage mesurées pour une fréquence de faisceau de micro-ondes est une façon de caractériser le fluide 7. Cependant, cette matrice est difficile à exploiter car elle regroupe un nombre important de valeurs.

20      La présente invention propose de transformer cette matrice qui regroupe un ensemble de valeurs en une information plus facile à traiter. La matrice de valeurs de déphasage et d'atténuation est transformée en deux équations:

- une première équation f qui donne une relation mathématique entre l'atténuation  $\rho$  d'un faisceau de micro-ondes et la distance d du trajet que ce faisceau a parcouru dans le fluide 7:  $\rho = f(d)$
- une deuxième équation g qui donne une relation mathématique entre le déphasage  $\theta$  d'un faisceau de micro-ondes et la distance d du trajet que ce faisceau a parcouru dans le fluide 7:  $\theta = g(d)$



L'équation f, respectivement g, est déterminée de manière à approcher les valeurs d'atténuation  $\rho$ , respectivement de déphasage  $\theta$ , d'un faisceau de micro-ondes, mesurées pour plusieurs valeurs de distance parcourue par ce faisceau de micro-ondes dans le fluide de composition inconnue.

5

Pour déterminer les équations f et g, on peut procéder de la manière suivante.

Pour chaque équation f et g, on choisit une expression mathématique générale. L'expression générale comporte au moins deux constantes inconnues.

- 10 Avantageusement, on peut choisir des expressions générales qui sont en relation avec les phénomènes physiques observés lors des mesures d'atténuation et de déphasage. Il est connu, de par les théories physiques; que l'atténuation d'un faisceau de micro-onde varie de manière exponentielle en fonction de la distance du trajet parcouru par ce faisceau dans un fluide et que  
15 le déphasage varie de manière linéaire en fonction de cette distance.

Par exemple, on peut choisir les expressions générales suivantes des équations f et g:

- pour la fonction f:  $\rho = e^{-\sigma d - \sigma_0}$

- pour la fonction g:  $\theta = \lambda d + \lambda_0$

- 20 avec d: distance parcourue par le faisceau de micro-ondes dans le fluide, et  $\lambda, \lambda_0, \sigma$  et  $\sigma_0$  : constantes inconnues.

- Sans sortir du cadre de l'invention d'autres expressions générales des équations f et g peuvent être choisies, en comportant par exemple plus de deux constantes chacune. De plus, les équations f et g peuvent être fonction d'une  
25 variable autre que la distance. Cependant cette autre variable est elle-même dépendante de la distance. Par exemple on peut choisir les expressions:

- pour la fonction f:  $\rho = e^{-\sigma \theta - \sigma_0}$

- pour la fonction g:  $\theta = \lambda d + \lambda_0$

avec d: distance parcourue par le faisceau de micro-ondes dans le fluide, et

$\lambda, \lambda_0, \sigma$  et  $\sigma_0$  : constantes inconnues.

Le déphasage  $\theta$  étant fonction de la distance  $d$ , l'atténuation  $\rho$  peut être exprimée en fonction du déphasage  $\theta$ .

Après avoir choisi les expressions mathématiques générales des équations  $f$  et  $g$ , on détermine les constantes de ces équations. En utilisant des méthodes connues de l'homme du métier telles que la régression linéaire, on détermine les constantes des équations  $f$  et  $g$  de manière à ce que les équations  $f$  et  $g$  approchent les valeurs mesurées d'atténuation  $\rho$  et de déphasage  $\theta$ .

La figure 5 représente les valeurs de déphasage  $\theta$  en fonction de la distance  $d$ . Chaque point de la courbe correspond à l'atténuation mesurée pour une distance parcourue par le faisceau de micro-ondes dans le fluide de composition inconnue. Ainsi, cette courbe peut être approchée par une droite, qui peut s'écrire  $\theta = \lambda d + \lambda_0$ , en déterminant les constantes  $\lambda$  et  $\lambda_0$ .

La figure 6 représente les valeurs d'atténuation  $\rho$  en fonction du déphasage  $\theta$  en coordonnées polaires dans un plan complexe,  $\rho$  étant le rayon et  $\theta$  étant l'angle. Chaque point de la courbe correspond à l'atténuation et au déphasage mesurés pour une distance parcourue par le faisceau de micro-ondes dans le fluide. Ainsi, cette courbe en "escargot" peut être approchée par une spirale logarithmique, qui peut s'écrire sous la forme:  $\rho = e^{-\alpha\theta - \alpha_0}$ , en déterminant les constantes  $\alpha$  et  $\alpha_0$ .

Ainsi, pour une fréquence de faisceau de micro-ondes, à partir d'une matrice regroupant  $n \times m$  valeurs d'atténuation et de déphasage qui caractérisent le fluide 7, on obtient deux équations qui caractérisent le fluide 7. Ces deux équations peuvent être caractérisées par un groupe d'au moins quatre coefficients,

Il peut apparaître un décentrage de la courbe mesurée, représentée à la figure 6, par rapport à l'origine du plan complexe. Le décentrage peut être

dû à une salinité trop forte du fluide 7 qui a pour conséquence une plus grande dispersion des faisceaux de micro-ondes et engendre un offset électronique. Il est possible de s'affranchir de ce décentrage en effectuant des réglages électroniques sur les moyens de mesure 6.

5

Etape D: estimation de la composition du fluide

Par ailleurs, on a créé une banque de données regroupant des couples d'équations f et g, chaque couple d'équations f et g caractérisant un fluide de composition connue. Les couples d'équations de la banque de données peuvent être obtenus en effectuant les étapes A, B et C précédemment décrites. C'est à dire que chaque couple d'équations f et g de la banque de donnée approche les courbes obtenues par les mesures de l'atténuation et du déphasage d'un faisceau de micro-ondes traversant un fluide de composition connue en fonction de la distance parcourue par le faisceau dans ce fluide, le faisceau de micro-ondes étant de fréquence connue. Les fréquences des faisceaux de micro-ondes utilisés pour créer la banque de données sont identiques à la fréquence des faisceaux de micro-ondes utilisés à l'étape A.

Les équations f et g de la banque de données peuvent être caractérisées par des constantes. Chaque couple d'équations de la banque de données peut être caractérisé par au moins quatre constantes. Dans ce cas, les expressions mathématiques générales des équations f et g utilisées pour créer la banque de données sont identiques aux expressions mathématiques générales utilisées lors du traitement des mesures d'atténuation et de déphasage effectuées sur un fluide de composition inconnue.

Ainsi, chaque couple d'équations f et g de la banque de données caractérise un fluide de composition connue.

Selon l'invention, on compare les équations f et g obtenues à l'étape C par traitement des mesures d'atténuation et de déphasage sur un fluide de composition inconnue avec les couples d'équations f et g de la banque de données pour déterminer la composition du fluide étudié. La comparaison tient  
5 compte de la fréquence du faisceau de micro-ondes utilisée lors des mesures.

Pour effectuer la comparaison, on peut construire un modèle à partir des couples de fonctions de la base de données, le modèle permettant d'attribuer une composition de fluide connue à un couple d'équations. On peut utiliser un modèle statistique ou comportemental. Les modèles utilisés  
10 peuvent être des fonctions polynomiales ou bien des réseaux de neurones.

On peut, par exemple, comparer les constantes caractérisant les équations f et g obtenues à l'étape C par traitement des mesures d'atténuation et de déphasage sur un fluide de composition inconnue avec les constantes caractérisant les couples d'équation f et g de la banque de données. Pour  
15 effectuer la comparaison, on peut construire un modèle à partir des groupes de constantes de la base de données, le modèle permettant d'attribuer à un groupe de constantes une composition de fluide connue.

Pour effectuer la comparaison, on peut également sélectionner dans la base de données le ou les couples d'équations qui s'accordent au mieux avec les  
20 équations f et g obtenue à l'étape C et déterminer la composition du fluide à partir des compositions correspondant au ou aux couples d'équations sélectionnés.

De plus, pour améliorer la précision de l'estimation de la composition  
25 du fluide 7, on peut prendre en compte notamment la salinité, la pression et/ou la température du fluide 7. La salinité, la pression et la température peuvent être mesurées par des capteurs disposés dans le fluide 7.

Dans ce cas, la banque de données comporte également les valeurs de salinité, de pression et/ou de température: les couples d'équations de la banque

de données caractérisent un fluide connu à une température, une pression et/ou une salinité connue. Ainsi, on peut effectuer la comparaison entre les couples d'équations obtenus par mesure et les couples d'équations de la banque de donnée, en tenant compte de la salinité, de la pression et/ou de la

5 température.

On peut, par exemple, déterminer la composition du fluide étudié en effectuant la comparaison entre, d'une part, les valeurs des constantes caractérisant les équations f et g, des valeurs de la salinité, de la pression et/ou de la température, ces valeurs étant déterminées à partir des mesures

10 d'atténuation et de déphasage de faisceaux micro-ondes ayant traversé le fluide de composition inconnue, avec les ensembles de valeurs des constantes caractérisant les équations f et g, et des valeurs de la salinité, de la pression et/ou de la température, de la base de données.

## REVENDEICATIONS

- 5        1) Méthode pour déterminer la composition d'un fluide sensiblement homogène, dans laquelle on effectue les étapes suivantes:
- a) on mesure l'atténuation et le déphasage d'au moins deux faisceaux d'ondes ayant parcourus des trajets de distances différentes dans ledit fluide,
  - b) on détermine des relations modélisant les variations de l'atténuation et du  
10        déphasage des ondes en fonction de la distance, mesurées à l'étape a),
  - c) on détermine la composition du fluide en comparant les relations déterminées à l'étape b) avec un ensemble de relations préalablement déterminées, chaque relation dudit ensemble correspondant à un fluide de composition connue.

15

- 2) Méthode selon la revendication 1, dans laquelle à l'étape a), au moins deux desdits faisceaux d'ondes ont parcouru deux trajets différents de même distance dans ledit fluide et dans laquelle on effectue une moyenne des atténuations et des déphasages mesurés pour lesdits au moins deux faisceaux  
20        ayant parcouru deux trajets différents de même distance dans ledit fluide.

3) Méthode selon la revendication 2, dans laquelle ladite moyenne est une moyenne pondérée.

- 25        4) Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle à l'étape c), l'ensemble de relations préalablement déterminées est obtenu en effectuant les étapes a) et b) sur des fluides de composition connue.

5) Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle, à l'étape b), on détermine une première équation de l'atténuation en fonction de la distance et une deuxième équation du déphasage en fonction de la distance, les première et deuxième équations approchant les mesures d'atténuation et de déphasage de l'étape a), et dans laquelle à l'étape c), on détermine la composition du fluide en comparant les première et deuxième équations déterminées à l'étape b) avec des couples d'équations préalablement déterminées, chaque couple d'équations correspondant à un fluide de composition connue.

10

6) Méthode selon la revendication 5, dans laquelle à l'étape b), ladite première équation est de la forme  $\rho = e^{-\alpha\theta - \alpha_0}$ , ladite deuxième équation est de la forme  $\theta = \lambda d + \lambda_0$ ,  $\rho$  étant l'atténuation,  $\theta$  étant le déphasage,  $\alpha$ ,  $\alpha_0$ ,  $\lambda$  et  $\lambda_0$  étant des constantes et dans laquelle on détermine les valeurs des constantes  $\alpha$ ,  $\alpha_0$ ,  $\lambda$  et  $\lambda_0$ , et dans laquelle à l'étape c) on compare les valeurs des constantes déterminées à l'étape b) avec des groupes de constantes préalablement déterminées, chaque groupe de constantes correspondant à un fluide de composition connue, lesdits groupes de constantes préalablement déterminées étant obtenus en effectuant les étapes a) et b) sur des fluides de compositions connues.

20

7) Méthode selon la revendication 6, dans laquelle à l'étape b), on utilise la régression linéaire pour déterminer les valeurs des constantes.

25

8) Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle à l'étape c), on tient compte au moins de l'une des conditions suivantes: la pression dudit fluide, la température dudit fluide et la salinité dudit fluide.

9) Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle à l'étape c), on détermine la composition du fluide en sélectionnant dans l'ensemble de relations préalablement déterminées, celles qui s'accordent au mieux avec les relations obtenues à l'étape b)

5

10) Méthode selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle à l'étape c), on utilise un modèle permettant d'attribuer une composition connue à des relations modélisant les variations de l'atténuation et du déphasage en fonction de la distance, le modèle étant construit à l'aide de l'ensemble de relations préalablement déterminées.

10

11) Méthode selon la revendication 10, dans lequel ledit modèle est un modèle statistique ou modèle comportemental, le modèle étant une fonction polynomiale ou un réseau de neurones.

15

12) Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle lesdits faisceaux d'ondes sont des faisceaux de micro-ondes.



1/3

FIG.1

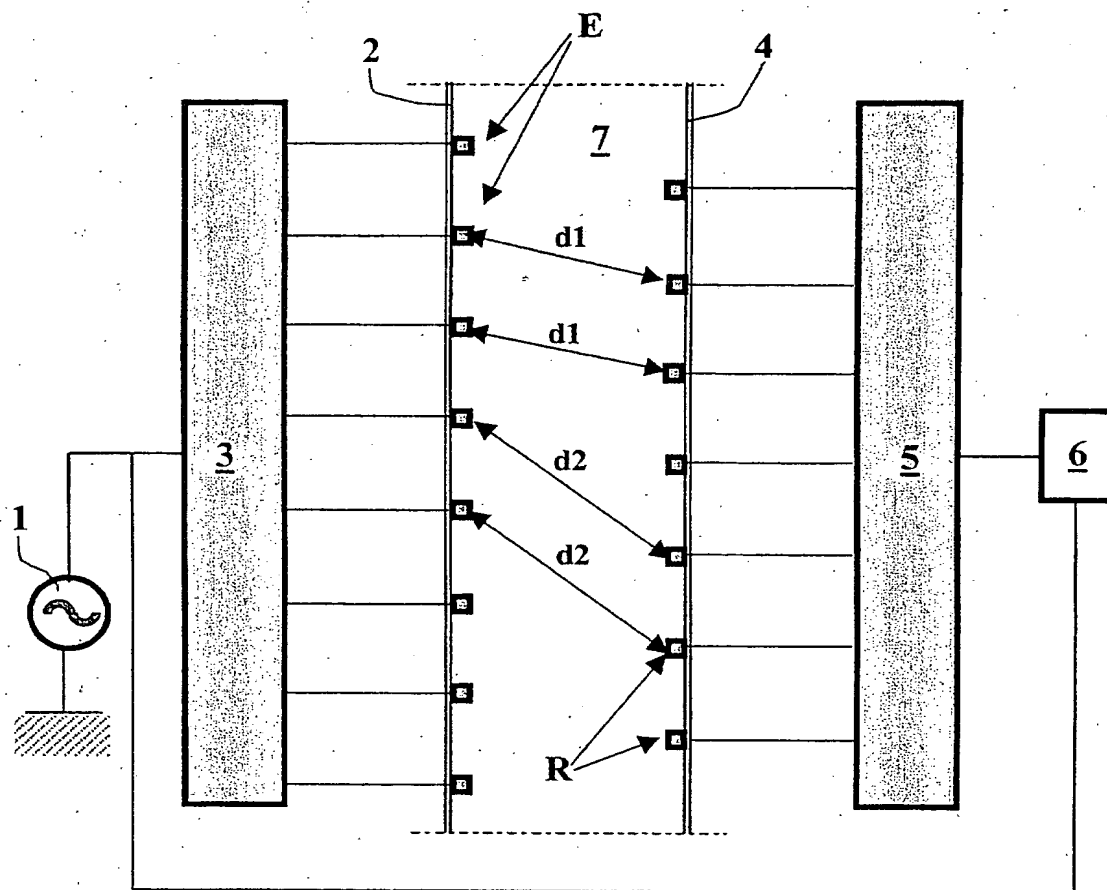
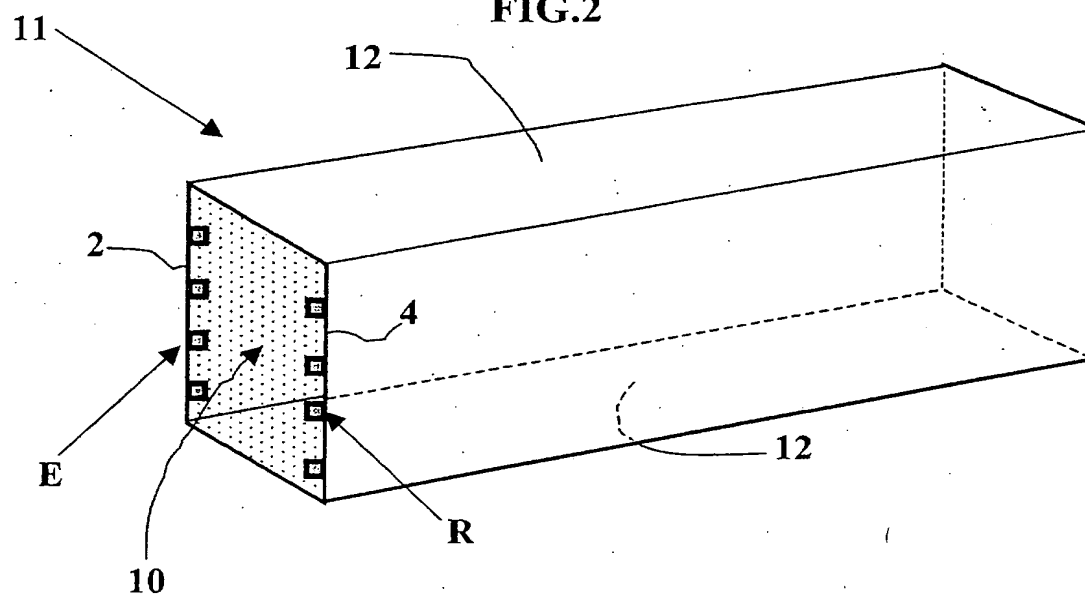


FIG.2



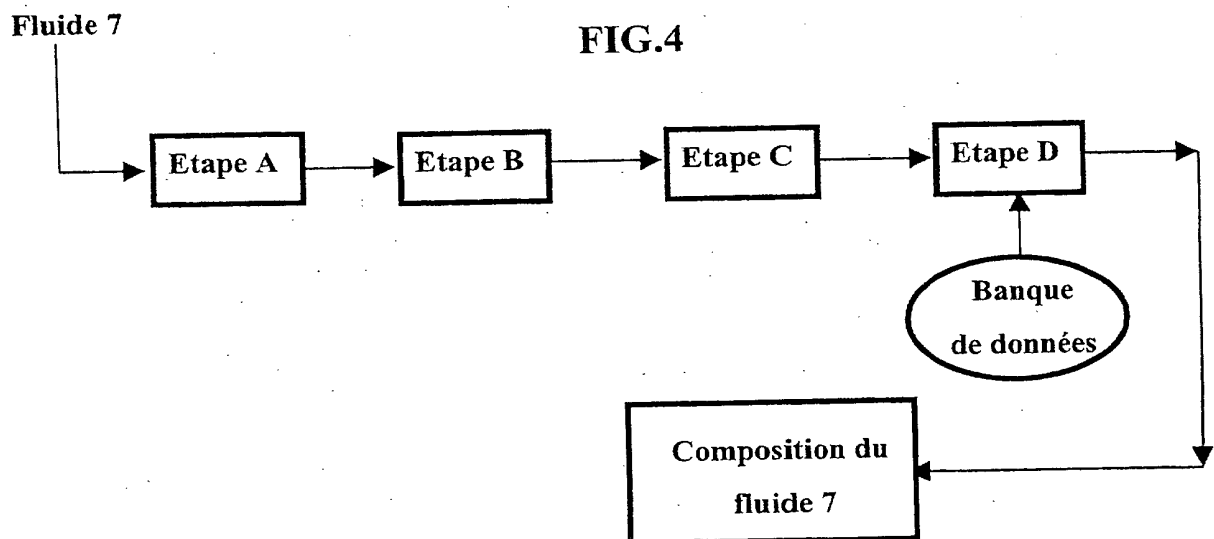
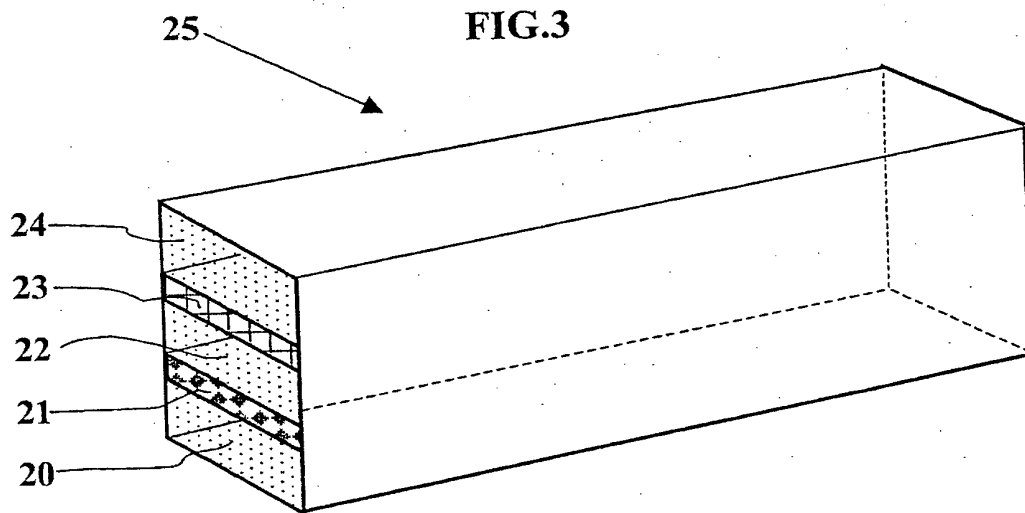


FIG.5

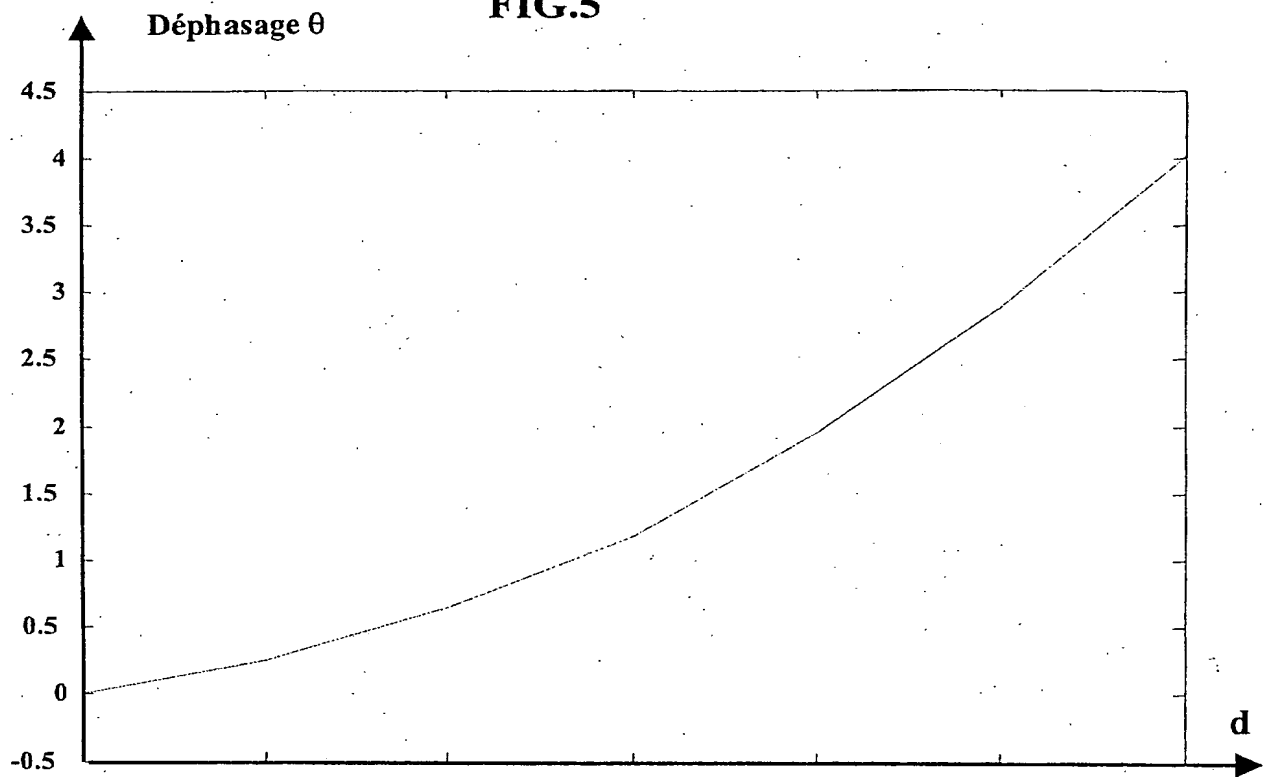
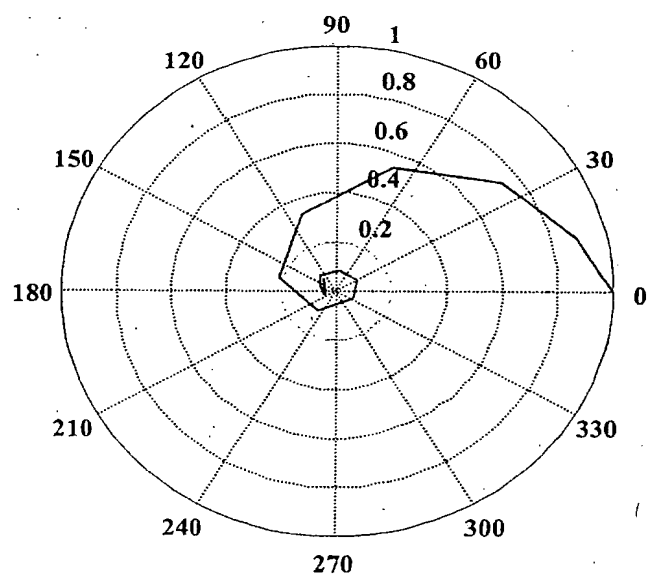


FIG.6



reçue le 13/05/03



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



### DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601



Vos références pour ce dossier (facultatif)

NAS/MB / 02/0125

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

03 04 269

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

METHODE POUR DETERMINER LA COMPOSITION D'UN FLUIDE HOMOGENE

LE(S) DEMANDEUR(S) :

INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :

<b>1</b>	Nom	BEAUDUCEL	
	Prénoms	Claude	
Adresse	Rue	8, rue Talon	
	Code postal et ville	[6][0][1][1][9] HENONVILLE, FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>2</b>	Nom	BENTOLILA	
	Prénoms	Yohan	
Adresse	Rue	32 Boulevard Flandrin	
	Code postal et ville	[7][5][1][1][6] PARIS, FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>3</b>	Nom		
	Prénoms		
Adresse	Rue		
	Code postal et ville	[ ][ ][ ][ ][ ]	
Société d'appartenance (facultatif)			

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.

DATE ET SIGNATURE(S)  
DU (DES) DEMANDEUR(S)  
OU DU MANDATAIRE  
(Nom et qualité du signataire)

le 2 avril 2003  
Alfred ELMALEH  
Directeur - Propriété Industrielle

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.